

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-356218

(43)Date of publication of application : 26.12.2000

(51)Int.Cl. F16C 19/49  
 F16C 19/36  
 F16C 19/40  
 F16C 23/06  
 F16C 33/37  
 F16C 33/58

(21)Application number : 11-292249

(71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing : 14.10.1999

(72)Inventor : SATO CHUICHI

(30)Priority

Priority number : 11109591

Priority date : 16.04.1999

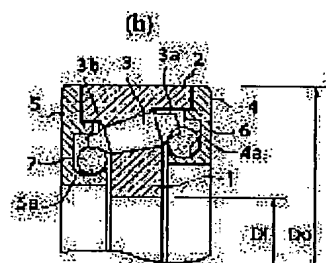
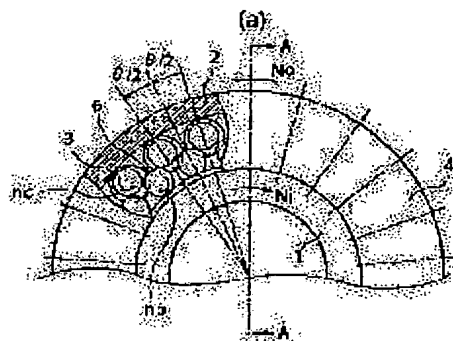
Priority country : JP

(54) ROLLING BEARING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a rolling bearing that can make a slip between components remarkably small without impairing assemblage.

SOLUTION: A tapered roller bearing comprises a retaining ring 4 fixed to an outer ring 2, and a single row of retaining balls 6 arranged between the retaining ring 4 and tapered rollers 3, in the equal number to the number of the tapered rollers 3. The respective tapered rollers 3 are uniformly arranged in a circumferential direction by the respective retaining balls 6, and one retaining ball 6 comes in contact with the retaining ring 4 at two points and with each adjacent tapered roller 3 at one point. A geometrical constitution is adopted to make the speed vectors of the tapered rollers 3 and retaining balls 6 equal so that the motion of the tapered rollers 3 and retaining balls 6 at all these contact points becomes rolling motion.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-356218

(P2000-356218A)

(43) 公開日 平成12年12月26日 (2000. 12. 26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード (参考)
F 1 6 C	19/49	F 1 6 C	19/49
	19/36		19/36
	19/40		19/40
	23/06		23/06
	33/37		33/37
			3 J 0 1 2
			3 J 1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平11-292249	(71) 出願人	000004204 日本精工株式会社 東京都品川区大崎1丁目6番3号
(22) 出願日	平成11年10月14日 (1999. 10. 14)	(72) 発明者	佐藤 忠一 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平11-109591	(74) 代理人	100081880 弁理士 渡部 敏彦
(32) 優先日	平成11年4月16日 (1999. 4. 16)		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

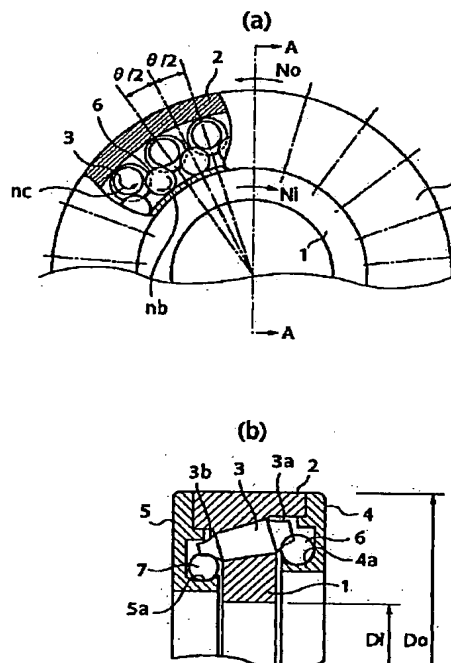
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 転がり軸受

## (57) 【要約】

【課題】 組立性を損なうことなく、構成要素間の滑りを著しく小さくすることができる転がり軸受を提供する。

【解決手段】 円すいころ軸受は、外輪2に固定された保持リング4と、保持リング4と円すいころ3との間に配置され、円すいころ3の数に等しい数の単列の保持ボール6を含む。円すいころ3のそれぞれは、保持ボール6のそれぞれにより円周方向に等配され、1つの保持ボール6は保持リング4と2点で、隣り合う円すいころ3と1点でそれぞれ接触する。これら接触点の全てにおける円すいころ3および保持ボール6の運動が転がり運動となるように円すいころ3および保持ボール6の速度ベクトルがそれぞれ等しくなるような幾何学的構成が採用されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内輪、外輪および複数の転動体を備える転がり軸受において、前記内輪または外輪に固定された保持リングと、前記保持リングと前記転動体との間に配置され、前記転動体の数に等しい数の単列または複列の保持ボールとを含み、前記保持ボールのそれぞれにより前記転動体のそれぞれが円周方向に等配されかつ 1 つの保持ボールが前記保持リングおよび隣り合う転動体と 3 つ以上の接触点で接し、前記接触点の全てにおける前記転動体および前記保持ボールの運動が転がり運動となるように前記転動体および前記保持ボールの速度ベクトルがそれぞれ等しくなるような幾何学的構成を有することを特徴とする転がり軸受。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内輪、外輪間に転動体が設けられている転がり軸受に関し、特に風力発電機用軸受などの高負荷、高剛性が要求される軸受に好適な転がり軸受に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、転がり軸受の多くは、保持器付軸受または保持器無総転動体からなる。このような転がり軸受においては、構成要素間の滑りを著しく小さくすることを目的として、転動体間にセパレータとして、ころ、玉または球面状の転がり要素を用いたものが提案されている。この提案されている軸受としては、特開昭 64-74321 号公報、特公平 3-19409 号公報、特開平 3-24322 号公報、特開平 10-18467 号公報などにそれぞれ記載されているものがある。例えば特開昭 64-74321 号公報記載の玉軸受は、具体的には、内、外輪間に保持される各ボールの間に円筒ころ（ローラセパレータ）をそれぞれ配置するとともに、この円筒ころにボールを収容するための R 溝を設け、円筒ころの両端部をそれぞれ内輪に設けたリングの転動面で支持するように構成されている。

【0003】また、風力発電機においては、通常、球面ころ軸受、円すいころ軸受、円筒ころ軸受などのころ軸受が使用されている。このころ軸受は、ころが内、外輪の軌道溝に対してころ外周面において線状に接触するので、玉軸受に比して負荷容量が高く剛性が大であり、かつすべり軸受に比して焼き付けに対する信頼性が高く長寿命という特徴を有する。この特徴により、ころ軸受が風力発電機に最適とされている。このころ軸受としては、内、外輪間に挿入されているころ（転動体）の間隔を保持するための保持器付きのものが使用されており、保持器ところとの間、また場合によってはころと内輪または外輪との間で滑りが生じる。また、円すいころ軸受、円筒ころ軸受においては、内輪または外輪に設けられているつばで各ころを支持するために、つばところとの間でも滑りが生じる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特開昭 64-74321 号公報記載の玉軸受の構成においては、円筒ころのそれぞれの接触点においてそれぞれが転がり運動をするための条件が設定されているが、この条件下では、平均的（時間的）に転がり運動をするのみであり、完全に滑りをなくすることができるものでない。また、上記他の公報記載の軸受に関しては、転がり条件が検討されていない。さらに、玉軸受に関しては、転がり運動をするための条件が上記特開昭 64-74321 号公報に記載されているが、この条件をころ軸受に適用した場合、軸方向に関してはすべて滑り接触となる。さらに、上記各公報によりそれぞれ提案されている軸受は実用化されたという事実が見当たらない。

【0005】すなわち、上記各公報に記載の軸受に関しては、転がり条件に関する解析が十分に行われておらず、それらを採用する根拠が十分でないと考えられる。また、転動体間にセパレータを入れるため、転動体の数が制限されて負荷容量不足や剛性不足などになり易いことが推定される。さらに、組立性を十分に考慮した構成を採用しているとはいえず、量産性を満足することができずに商品化が成立しないと考えられる。

【0006】また、近年、風力発電は火力、原子力発電などの他の発電方式に対して地球環境に優しいという点で注目され、風力発電機の大形化（1000 Kw 以上の出力）が図られている。風力発電機に対してはその設置環境から優れたメンテナンス性が求められる。これに伴い風力発電機に使用されるころ軸受、特にロータ支持用ころ軸受には、より大きな負荷容量、長寿命が求められる。しかしながら、このころ軸受においては、上述したように、保持器ところ間、ころと内輪または外輪間、つばところ間で滑りが生じるので、滑り摩耗により発生する摩耗粉などによって軸受損傷などが発生し、寿命が短縮される恐れがある。その結果、軸受交換などの頻度すなわち風力発電機のメンテナンス頻度が高くなり、メンテナンスコストが高くなる。このように、風力発電機用転がり軸受に対しても、同様に、滑りを著しく小さくすることが望まれる。

【0007】本発明は、上述の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、組立性を損なうことなく、構成要素間の滑りを著しく小さくすることができる転がり軸受を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、内輪、外輪および複数の転動体を備える転がり軸受において、前記内輪または外輪に固定された保持リングと、前記保持リングと前記転動体との間に配置され、前記転動体の数に等しい数の単列または複列の保持ボールとを含み、前記保持ボールのそれぞれにより前記転動体のそれぞれが円周方向に等配されかつ 1 つの保持ボールが前記保持リング

10

20

30

40

50

および隣り合う転動体と3つ以上の接触点で接し、前記接触点の全てにおける前記転動体および前記保持ボールの運動が転がり運動となるように前記転動体および前記保持ボールの速度ベクトルがそれぞれ等しくなるような幾何学的構成を有することを特徴とする。

【0009】本発明の転がり軸受では、保持ボールのそれぞれにより転動体のそれぞれが円周方向に等配されかつ1つの保持ボールが保持リングおよび隣り合う転動体と3つ以上の接触点で接し、接触点の全てにおける転動体および保持ボールの運動が転がり運動となるように、回転中の転動体および保持ボールの速度ベクトルがそれぞれ等しくなるような幾何学的構成を有することにより、転動体と保持ボール間、保持ボールと保持リング間の滑りをほぼなくすることができるとともに、この幾何学的構成により組立性が損なわれることはない。

【0010】また、転動体を等配するための保持ボールが保持リングと転動体との間に配置されているので、転動体の等配に保持器を用いた場合に比して転動体を配置するためのスペースが広がる。よって、転動体の数を増すことができ、負荷容量および剛性を大きくすることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0012】（実施の第1形態）図1は本発明に係る転がり軸受の実施の第1形態における主要部構成を示す図、（a）は円すいころ軸受を部分的に破断して示す正面図、（b）は（a）のA-A線に沿って得られた断面図である。本実施の形態では、転がり軸受として円すいころ軸受について説明する。

【0013】円すいころ軸受は、図1（a）、（b）に示すように、内輪1、外輪2、内輪1と外輪2との間に保持されている複数の円すいころ3、2つの保持リング4、5および保持ボール6、7を備える。本実施の形態では、外輪2を固定輪とし、各保持リング4、5を外輪2に取り付けている。また、円すいころ軸受の内径はD<sub>i</sub>、外径はD<sub>o</sub>であり、各円すいころ3は角度θのピッチで配列されている。

【0014】各円すいころ3の大径端部には保持ボール6と一点（図3（b）に示すP1）で接触可能なR溝部3aが形成され、このR溝部3aは保持ボール6の半径寸法より大きな寸法の円弧状の断面形状を有する。各円すいころ3の小径端部には、保持ボール7と1点（図6に示すP2）で接触可能なR溝部3bが形成され、このR溝部3bは、保持ボール7の半径寸法より大きな寸法の円弧状の断面形状を有する。

【0015】保持リング4にはその円周方向に沿って伸びかつ単列に配列された複数の保持ボール6を収容する軌道溝4aが形成されている。軌道溝4aは、保持ボール6と2点（図3（a）に示すP11、P12）で接触可能

なゴシックアーク状の横断面形状を有する。各保持ボール6は、保持リング4の軌道溝4aと2点（P11、P12）で接触し、隣り合う円すいころ3のR溝部3aのそれぞれと1点（P1）で接触する。同様に、保持リング5には、円周方向に沿って伸びかつ単列に配列された複数の保持ボール7を収容する軌道溝5aが形成されている。軌道溝5aは、保持ボール7と1点（図5に示すP3）で接触可能な横断面形状を有する。すなわち、各保持ボール7は、保持リング5と1点（P3）で接触し、隣り合う円すいころ3のR溝部3bのそれぞれと1点（P2）で接触する。

【0016】各保持ボール6、7の数は、円すいころ3の数に等しく、各保持ボール6、7は、保持器の等配機能と同様に、各円すいころ3を円周方向に等配する。また、上記接触点の全てにおいて円すいころ3および保持ボール6、7が転がり運動をするように、回転中の円すいころ3および保持ボール6、7の速度ベクトルがそれぞれ等しくなるような幾何学的構成が採用されている。

【0017】次に、この幾何学的構成すなわち円すいころ3および保持ボール6、7の速度ベクトルがそれぞれ等しくなる条件について図2ないし図6を参照しながら説明する。図2ないし図6は図1の円すいころ軸受における転がり運動条件を表すための模式図である。

【0018】まず、円すいころ3の大径側における保持ボール6と円すいころ3との関係について説明すると、円すいころ3は、図2（a）に示すように、その中心線（回転軸）Aが軸受回転軸（y軸）に対して角度θ<sub>c</sub>を成すように内輪1と外輪2間に配置されている。また、円すいころ3の頂角は角度θ<sub>c</sub>に設定されている。ここで、円すいころ3の回転軸Aとy軸の交点をOとし、この交点Oを通りy軸に対して直交する軸をz軸とする。

【0019】保持ボール6と円すいころ3とが滑りを生じることなく転がる条件としては、それぞれの接触点における速度ベクトルが一致することである。すなわち、保持ボール6およびそれに接する2個の円すいころ3のそれぞれの回転軸A、Cが交点Oで交わり（図2（b）を参照）、かつその接触点P1での周速が等しくなることである。ここで、図2（b）中のx軸は交点Oを通り、y、z軸のそれぞれに直交する軸である。また、直線Z1は、y軸上の点O<sub>o</sub>から保持ボール6に隣り合う一方の円すいころ3の回転軸Aに向けて伸びる直線であり、直線Z1'は、y軸上の点O<sub>o</sub>から保持ボール6の回転軸Cに向けて伸びる直線であり、直線Z1に対して成す角度はθ/2である。直線Z1'は、y軸上の軸受回転中心O<sub>o</sub>から保持ボール6に隣り合う他方の円すいころ3の回転軸Aに向けて伸びる直線であり、直線Z1'に対して成す角度はθ/2である。さらに、保持ボール3の回転軸Cはy軸に対して角度θ<sub>b</sub>を成すように傾斜している。

【0020】保持リング4に対する保持ボール6の転が

り条件としては、保持リング4と保持ボール6の接触点の延長線が上記交点Oと交わることが条件である。すなわち、図3(a)に示すように、保持リング4と保持ボール6の接触点P11、P12を結ぶ線の延長線が上記回転軸の交点Oと交わることにある。ここで、本図3(a)は、図2(b)のy軸および直線Z1'を含む平面に沿って得られた断面図である。本実施の形態では、上記条件を満足するために、保持リング4の軌道溝4aの断面形状をゴシックアーキ形状としている。また、角度 $\beta$ は保持ボール6の中心点Obと接触点P12とを結ぶ直線と中心点Obからy軸に向う垂線が成す角度であり、角度 $\beta_1$ は保持ボール6の中心点Obと接触点P11とを結ぶ直線と中心点Obからy軸に向う垂線が成す角度である。さらに、保持ボール6の直径はdbに設定されている。なお、保持リング4の軌道溝4aをゴシックアーキに代えて1点接触のアンギュラタイプとすることも可能であり、このような構成にしても大きな差が生じることはない。このことに関しては後述する。

【0021】円すいころ3の大径側のR溝部3aと保持ボール6との接触点P1の位置に関しては、円錐面に対

$$\tan(\theta/2) n_c = \{\tan\theta_c + \tan(\theta/2) \tan\theta_c\} N_o \quad \dots (1)$$

$$\tan(\theta/2) n_c = \{\tan\theta_c - \tan(\theta/2) \tan\theta_c\} N_i \quad \dots (2)$$

また、円すいころ3のR溝部3aと保持ボール6間の転がり条件すなわち円すいころ3と保持ボール6の周速が※

$$(2L_b \sin\gamma - db \cos\alpha) n_c = db \cos(\gamma + \alpha) n_b \quad \dots (3)$$

という関係式が成り立ち、また、保持リング4と保持ボール6間の転がり条件すなわち接触点P2における周速★

$$db \cos(\beta - \theta_b) n_b = (2L_b \sin\theta_b - db \cos\beta) N_o \quad \dots (4)$$

という関係式が成り立つ。 ☆(5)式に示す関係を満足する。

【0026】さらに、図3(b)に示す角度 $\gamma$ は、次の☆30 【0027】

$$\cos\gamma = \cos\theta_c \cos\theta_b + \sin\theta_c \sin\theta_b \cos(\theta/2) \quad \dots (5)$$

ここで、上記(1)～(4)式を連立させて回転数N ◆ ◆  $\alpha$ ,  $N_i$ ,  $n_b$ ,  $n_c$ を消去すると、

$$\frac{[\cos(\beta - \theta_b) (2L_b \sin\gamma - db \cos\alpha)]}{[\cos(\gamma + \alpha) (2L_b \sin\theta_b - db \cos\beta)]} = \tan(\theta/2) / f_{co} \quad \dots (6)$$

という関係式が得られる。

$$\text{ここで、} f_{co} = \tan\theta_c + \tan(\theta/2) \tan\theta_c \quad \dots (7)$$

$$f_{ci} = \tan\theta_c - \tan(\theta/2) \tan\theta_c \quad \dots (8)$$

であり、上記(7)式は上記(1)式の右辺の係数を表し、上記(8)式は上記(2)式の右辺の係数を表す。

【0028】以上の条件の他に図3(b)に示すように、保持ボール6と円すいころ3のR溝部3aとの接触\*

$$\phi/2 = \sin^{-1}[\sin\theta_c \sin(\theta/2)] \quad \dots (9)$$

となり、また、 $\beta'$ および $\beta_1$ は次の(10)、(11) ※【0029】式により表される。 ※

$$\beta' = \sin^{-1}(F_a / F_b) + \theta_b \quad \dots (10)$$

ここで、 $F_a = 1 + (\tan\gamma / \cos\alpha)^2 - (\cos\gamma - \tan\gamma \tan\alpha)^2$  ★  $(\phi/2)^2$   $^{1/2}$ である。 【0030】

$$F_b = 2 [(\tan\gamma / \cos\alpha)^2 - (\cos\gamma - \tan\gamma \tan\alpha) \sin\beta_1] \sin\beta_1 = [(db/L_b) \cos^2\beta + F_c] / F_d \quad \dots (11)$$

\* してくさびが抜ける方向とならないようにするために、図3(b)に示すように、接触点P1と円すいころ3の回転軸Aに直交する軸Aaとが成す角度 $\alpha$ が一侧(反時計回り)となるように決定する必要がある。

【0022】また、保持ボール6と保持リング4との接触点P11、P12に関しては、上記くさび作用の抜け防止作用から、図4(a)に示すように、図3(a)に示す角度 $\beta$ がその直角方向の角度 $\beta'$ より大きくする必要がある。

【0023】以上の条件に基づき個々の接触点での運動が転がり運動となるための諸元を求める。ここで、円すいころ3および保持ボール6が公転をせず自転のみをし、円すいころ3の回転数を $n_c$ 、保持ボール6の回転数を $n_b$ とする。また、内輪1および外輪2が回転数 $N_i$ ,  $N_o$ で互いに反対方向に回転するものとする。

【0024】円すいころ3、内輪1および外輪2の回転数の関係から、次の(1)、(2)式に示す関係が得られる。

【0025】

$$\tan(\theta/2) n_c = \{\tan\theta_c + \tan(\theta/2) \tan\theta_c\} N_o \quad \dots (1)$$

$$\tan(\theta/2) n_c = \{\tan\theta_c - \tan(\theta/2) \tan\theta_c\} N_i \quad \dots (2)$$

※等しいことから、図3(b)より

$$(2L_b \sin\gamma - db \cos\alpha) n_c = db \cos(\gamma + \alpha) n_b \quad \dots (3)$$

★が上記周速に等しいことから、図3(a)より

$$db \cos(\beta - \theta_b) n_b = (2L_b \sin\theta_b - db \cos\beta) N_o \quad \dots (4)$$

☆(5)式に示す関係を満足する。

【0027】

$$\cos\gamma = \cos\theta_c \cos\theta_b + \sin\theta_c \sin\theta_b \cos(\theta/2) \quad \dots (5)$$

◆ ◆  $\alpha$ ,  $N_i$ ,  $n_b$ ,  $n_c$ を消去すると、

$$\frac{[\cos(\beta - \theta_b) (2L_b \sin\gamma - db \cos\alpha)]}{[\cos(\gamma + \alpha) (2L_b \sin\theta_b - db \cos\beta)]} = \tan(\theta/2) / f_{co} \quad \dots (6)$$

ここで、

$$f_{co} = \tan\theta_c + \tan(\theta/2) \tan\theta_c \quad \dots (7)$$

$$f_{ci} = \tan\theta_c - \tan(\theta/2) \tan\theta_c \quad \dots (8)$$

\* 角 $\alpha$ をくさび作用による抜けを防止する方向の角度とするために、図4(a)における角度 $\beta$ と $\beta'$ が $\beta > \beta'$ の関係

を満足する必要がある。この関係条件に基づき図4(b)に示す角度 $\phi$ を求めると、

$$\phi/2 = \sin^{-1}[\sin\theta_c \sin(\theta/2)] \quad \dots (9)$$

※【0029】

$$\beta' = \sin^{-1}(F_a / F_b) + \theta_b \quad \dots (10)$$

★  $(\phi/2)^2$   $^{1/2}$ である。

【0030】

$$F_b = 2 [(\tan\gamma / \cos\alpha)^2 - (\cos\gamma - \tan\gamma \tan\alpha) \sin\beta_1] \sin\beta_1 = [(db/L_b) \cos^2\beta + F_c] / F_d \quad \dots (11)$$

ここで、 $F_c = [(db/Lb) \cos^2 \beta]^2 + [(db/Lb) \cos \beta]^2 + [1 + (db/Lb) \sin \beta]^2 [(1 - (db/Lb) \sin \beta)^2 - \cos^2 \beta]^2$ 、 $F_d = [1 + (db/Lb) \sin \beta]^2 + [(db/Lb) \cos \beta]^2$

である。

【0031】次に、上記各式を用いて円すいころ3の大径側における各諸元を求める計算手順について説明する。

【0032】まず、円すいころ3の回転軸とy軸とが成\*

$$\Theta_b = \tan^{-1} [(Lc \sin \Theta_c - (db/2))/Lc] \quad \dots (12)$$

$$Lb = Lc + db/2 \quad \dots (13)$$

ここで、Lbは保持ボールの径dbを想定しながら決定するものであり、この径dbに関しては、図1に示すように、 $\Theta_c$ 、Lc、 $\theta_c$ 、 $\theta$ から円すいころ3の数が最も多くなり、かつ円すいころ同士が接触しないような値を想定する。

【0035】次いで、角度 $\alpha$ を決定する。この角度 $\alpha$ は、円すいころ3と保持ボール6の接触点P1と保持ボール6の中心点Obとを結ぶ直線と直線Aaとが成す角度である。続いて、上記で決定した $\Theta_b$ 、 $\Theta_c$ 、 $\theta$ を用いて上記(5)式から、角度 $\gamma$ を求める。上記で決定した角度 $\alpha$ およびこの求めた角度 $\gamma$ を上記(8)式に代入し、角度 $\beta$ を求める。

【0036】このようにして角度 $\alpha$ および角度 $\beta$ が得られると、この角度 $\alpha$ と角度 $\beta$ の関係が適正であるか否かを判断する。ここでは、従来のアンギュラ玉軸受、3点接触または4点接触玉軸受のデータを参照して上記角度 $\alpha$ と角度 $\beta$ の関係が適正であるか否かを判断する。この角度関係が適正でないときには、角度 $\alpha$ を現実的な範囲内の値に変更して再度角度 $\beta$ を算出し、この角度 $\beta$ と角※30

$$a = Lb \sin \gamma - (db/2) \cos \alpha$$

ここで、この算出したaが円すいころ3の径範囲内にならないときには、最初の角度 $\Theta_c$ などを決定することからやり直す。

【0040】このようにして円すいころ3の大径側の各諸元が決定されると、この決定された各諸元に基づき円すいころ3の小径側の諸寸法を決定する。すなわち、円すいころ3の大径側にくさび作用による抜け防止機能を持たせているため、円すいころ3の大径側における各諸元の算出が円すいころ3の小径側における各諸元の算出より優先されることになる。

【0041】円すいころ3の小径側における各諸元の算★

$$(2Lb' \sin \gamma' - db' \cos \gamma') / [\cos \gamma' (2Lb' \sin \Theta_b' - db' \cos \gamma')] = [\tan(\theta/2)] / f_{co} \quad \dots (15)$$

$$\cos \gamma' = \cos \Theta_c \cos \Theta_b' + \sin \Theta_c \sin \Theta_b' \cos(\theta/2) \quad \dots (16)$$

ここで、上記(15)式中の $f_{co}$ は上記(7)式で示す係数である。なお、保持ボール7の径db'をパラメータとし、上記(15)、(16)式を連立させて角度 $\Theta_b'$ を求める手法を用いることも可能である。

\*す角度 $\Theta_c$ 、円すいころ3の基準位置を表す長さ寸法Lc、円すいころ3の頂角 $\theta_c$ および円すいころ3間の中心角 $\theta$ を決定する。ここで、中心角 $\theta$ を決定することは円すいころ3の数を決定することと同じである。

【0033】次いで、寸法Lcに対して寸法Lbを、角度 $\Theta_c$ に対して角度 $\Theta_b$ を次の(12)、(13)式を用いてそれぞれ決めるとともに、同時に保持ボール6の径dbを決める。

【0034】

$$\dots (12)$$

$$\dots (13)$$

※度 $\alpha$ の関係を見る。ここでも、角度 $\alpha$ と角度 $\beta$ に関して適正な関係が得られないときには、保持ボール6の径dbの想定からやり直す。

【0037】この角度 $\alpha$ と角度 $\beta$ の関係が適正であるときには、上記(9)式より $\phi$ を算出し、この算出した $\phi$ と $\gamma$ および $\alpha$ を上記(10)式に代入して角度 $\beta'$ を算出する。次いで、この角度 $\beta'$ が角度 $\beta$ に対して、 $\beta > \beta'$ の関係を満足するか否かを判定する。また、弾性変形を考慮しても上記関係が成立するか否かを判定する。 $\beta > \beta'$ の関係が成立しないときには、最初の角度 $\Theta_c$ などを決定することからやり直す。

【0038】 $\beta > \beta'$ の関係が成立すると、角度 $\beta$ を決定し、上記(11)式に $\beta$ を代入して角度 $\beta_1$ を算出する。そして、図3(a)に示す関係から、角度 $\beta$ 、 $\beta_1$ を用いて保持リング4の軌道溝4aの断面形状を決定する。さらに、次の(14)式を用いて円すいころ3の保持ボール6との接触点P1を規定する寸法a(図3(b)に示す)を算出する。

【0039】

$$\dots (14)$$

★出においては、上記大径側で決定した角度 $\Theta_c$ 、円すいころ3の頂角 $\theta_c$ および円すいころ3間の中心角 $\theta$ を使用する。そして、上記円すいころ3の大径側における寸法Lbおよび保持ボール6の径dbから寸法Lc'を適切に選択し、この寸法Lc'に対して保持ボール7の径db'を想定しながら寸法Lb'を決定する(図5、図6を参照)。

【0042】次いで、角度 $\Theta_b'$ をパラメータとして次の(15)式から角度 $\gamma'$ を計算し、この角度 $\gamma'$ を(16)式に代入して保持ボール7の径db'を計算する。

【0043】

【0044】このようにして算出された角度 $\Theta_b'$ 、径db'に関しては、それぞれの値が内輪1との関係など幾何学的関係に基づき適正であるか否かを判断する必要がある。そして、算出された角度 $\Theta_b'$ 、径db'が適正であれ

ば、次の(17)式を用いて円すいころ3の保持ボール \* 出する。

7との接触点P2を規定する寸法a' (図6に示す) を算\* 【0045】

$$a' = Lb' \sin \gamma' - (db'/2) \cos \gamma' \quad \dots (17)$$

ここで、この算出したa'が円すいころ3の径範囲内にないときには、最初の寸法Lb'などを決定することからやり直す。

【0046】次に、上記計算手順に従う数値計算の具体例について説明する。ここでは、内径40mm、外径100mmの円すいころ軸受を例に説明する。

【0047】まず、円すいころ3の大径側における諸寸法の計算を行う。この計算においては、角度 $\Theta c$ を0.077 $\pi$ ラジアン(=13.8度)、寸法Lcを156mm、頂角 $\theta c$ を4度、中心角 $\theta$ を0.095 $\pi$ ラジアン(=360/21度)とする。ここで、中心角 $\theta$ を決定することは円すいころ3の数を決定することに同じであり、円すいころ3の数は21個に設定される。

【0048】次いで、寸法Lcに対して寸法Lbを、角度 $\Theta c$ に対して角度 $\Theta b$ を上記(12)、(13)式を用いてそれぞれ決めるとともに、同時に保持ボール6の径dbを決める。ここで、例えば保持ボール6の径dbを8mmと想定すると、 $\beta < \beta'$ となり、上記 $\beta > \beta'$ の関係が成立しない。よって、この関係を満足するような径dbを想定しながら計算が繰り返し行われる。ここでは、径dbを7.6mmに想定した場合に、設計可能になり、以下の各数値が得られる。

【0049】

$\Theta c = 0.077\pi$ ラジアン(=13.8度)  
 $Lc = 156$ mm  
 $\theta c = 0.022\pi$ ラジアン(=4度)  
 $\theta = 0.095\pi$ ラジアン(=360/21度)  
 円すいころ数=21  
 $\Theta b = 0.067\pi$ ラジアン(=12.08度;  $\Theta c = 0.077\pi$ ラジアンに対する値)  
 $db = 7.6$ mm  
 $Lb = 159.8$ mm ( $Lc = 156$ mmに対する値)  
 $\alpha = 0.083\pi$ ラジアン(=15度; アンギュラ玉軸受野接触角から想定)  
 $\gamma = 0.015\pi$ ラジアン(=2.77度; 上記(5)式から算出)  
 $\beta = 0.160\pi$ ラジアン(=28.76度; 上記(8)式から算出)  
 $\phi/2 = 0.011\pi$ ラジアン(=2.04度; 上記(9)式から算出)  
 $\beta' = 0.120\pi$ ラジアン(=21.54度; 上記(10)式から算出)  
 $\beta_1 = 0.152\pi$ ラジアン(=27.37度; 上記(11)式から算出)

このようにして円すいころ3の大径側の各諸元が決定されると、円すいころ3の小径側の各諸元を決定する。円

すいころ3の小径側における諸寸法の算出においては、上記大径側で決定した角度 $\Theta c$ 、円すいころ3の頂角 $\theta c$ および円すいころ3間の中心角 $\theta$ を使用し、そして上記円すいころ3の大径側における寸法Lbおよび保持ボール6の径dbから寸法Lc'を適切に選択し、この寸法Lc'に対して保持ボール7の径db'を想定しながら寸法Lb'を決定する。

【0050】ここでは、円すいころ3の長さ寸法を7mmとし、この場合、寸法Lc'は139mmとなる。また、上記円すいころ3の大径と保持ボール6の比を小径側に適用し、保持ボール7の径db'を想定する。この場合、径db'は6.8mmとなり、寸法Lb'は135.6mmとなる。次いで、角度 $\Theta b'$ をパラメータとして上記(16)式から角度 $\gamma'$ を計算し、この角度 $\gamma'$ を上記(15)式に代入して保持ボール7の径db'を計算する。また、上記(17)式を用いて寸法a'を算出する。ここでは、角度 $\Theta b'$ を0.067 $\pi$ ラジアン(=12度)にすると適正な諸元が得られる。このようにして得られた計算の結果を以下に示す。

【0051】 $Lc' = 139$ mm

$\Theta b' = 0.067\pi$ ラジアン(=12度)

$db' = 6.4$ mm

$Lb' = 135.8$ mm

$\gamma' = 0.015\pi$ ラジアン(=2.78度; 上記(16)式から算出)

30  $2a' = 6.83$ mm (上記(17)式から算出)

このように、上述の計算手法により上記転がり運動条件を満足する円すいころ軸受を設計することができる。すなわち、滑りを著しく小さくした円すいころ軸受を得ることができる。また、上述の計算手法は、現行生産されている小さな軸受から大きな軸受までのほとんどの寸法の軸受に適用可能である。さらに、非常に小さな軸受や逆に大きな寸法の軸受など、保持器の加工が難しくて製品化が困難な軸受に対しては、保持器に代えて本実施の形態の保持ボールを用いる構造を採用することによって、その制約を無くすることができる。すなわち、生産性が損なわれず、このような軸受を供給することができる。

【0052】また、円すいころ3を等配するための保持ボール6、7が保持リング4、5と円すいころ3間に配置されているので、円すいころ3の等配に保持器を用いた場合に比して円すいころ3を配置するためのスペースが広がる。よって、円すいころ3の数を増すことができ、負荷容量および剛性を大きくすることができる。

【0053】さらに、保持ボール6、7と円すいころ3の接触状態により軸受予圧を調整することができるとと



もに、円すいころ3の両端の間隔の遊びをなくすることができる。さらに、保持リングの形状および寸法を最適設計することにより、保持リングにはね作用を持たせ、円すいころ3と個々の保持ボール6、7の接触時における相互差を吸収することができる。

【0054】本実施の形態では、保持ボール6と円すいころ3とが滑りを生じることなく転がる条件として、保持ボール6およびそれに接する2個の円すいころ3のそれぞれの回転軸A、Cが交点Oで交わりかつその接触点P1での周速が等しくなることであり、保持リング4に  
10 対する保持ボール6の転がり条件として、保持リング4と保持ボール6の接触点の延長線が上記交点Oと交わることであり、円すいころ3に対する1つの保持ボール6の接触が2点接触になるとともに、保持リング4と保持ボール6の接触が2点接触となる。このような保持ボール6の接触状態は、図19(b)に示す3点接触の玉軸受における接触状態に相当するものである。この場合には、回転による滑りは保持ボールとR溝間の接触楕円内における微小滑り(相対滑り)のみで完全転がり軸  
20 受に限りなく近いことになる。これに対し、周速を同じにしかつ保持リング4と保持ボール6の接触を1点接触とする場合、この接触状態は、図19(a)に示すアンギュラ玉軸受における接触状態に相当する。ただし、保持ボール6とR溝間、ころR部間における転がり方向が一致せず、その角度誤差により滑りとなり、前者より大となる。

【0055】しかし、いずれの場合においても、円すいころ3が軸受に作用する荷重を受けるので、保持ボール4に作用する荷重は非常に小さく、接触点数に関わらず滑りの影響を小さくすることができる。すなわち、保持  
30 リング4の軌道溝4aと保持ボール6の接触を2点接触に代えて1点接触にしてもその差は大といえども絶対値としては非常に小さい。

【0056】(実施の第2形態)次に、本発明の実施の第2形態について図7を参照しながら説明する。図7は本発明に係る転がり軸受の実施の第2形態における主要部構成を示す図、(a)は円筒ころ軸受を部分的に破断して示す正面図、(b)は(a)のA-A線に沿って得られた断面図、(c)は円筒ころと保持ボールの接触位置を示す図、(d)は保持ボールと保持リングの接触位置  
\*40

$$dc \cdot nc = Do \cdot No \quad \dots (18)$$

$$dc \cdot nc = (Do - 2dc) \cdot Ni \quad \dots (19)$$

$$2a \cdot nc = db \cos \alpha \cdot nb \quad \dots (20)$$

$$db \cos \alpha \cdot nb = (Db - db \cos \beta) \cdot No \quad \dots (21)$$

ここで、上記(18)式は円筒ころ11と外輪2の関係から得られる式、上記(19)式は円筒ころ11と内輪1の関係から得られる式、上記(20)式は円筒ころ11のR溝部11aと保持ボール13の関係から得られる式、上記(21)式は保持リング12の軌道溝12aと※

\* 置を示す図である。

【0057】本実施の形態では、転がり軸受の一つである円筒ころ軸受について説明する。この円筒ころ軸受は、図7(a)、(b)に示すように、内輪1、固定輪となる外輪2、内輪1と外輪2との間に保持されている複数の円筒ころ11、外輪2の両側部にそれぞれ取り付けられている2つの保持リング12および保持ボール13を備える。

【0058】円筒ころ11は、直径Dpの円周に沿って角度θのピッチで配列されている。各円筒ころ11の両端部には、保持ボール13と1点(図7(c)に示すP3)で接触可能なR溝部11aがそれぞれ形成され、このR溝部11aは保持ボール13の半径寸法より大きな寸法の円弧状の断面形状を有する。

【0059】各保持リング12には、その円周方向に沿って伸びかつ単列に配列された複数の保持ボール13を収容する軌道溝12aが形成されている。軌道溝12aは、保持ボール13と2点(図7(d)に示すP31、P32)で接触可能なゴシックアーク状の横断面形状を有する。各保持ボール13は、保持リング12の軌道溝12aと2点(P31、P32)で接触し、隣り合う円すいころ11のR溝部11aのそれぞれと1点(P3)で接触する。

【0060】各保持リング12毎に保持されている保持ボール13は直径Dbの円周に沿って配列され、その数は円筒ころ11の数に等しい。各保持ボール13は、保持器の等配機能と同様に、各円筒ころ11を円周方向に等配する。また、上記接触点の全てにおいて円筒ころ11および保持ボール13が転がり運動をするように、回転中の円筒ころ11および保持ボール13の速度ベクトルがそれぞれ等しくなるような幾何学的構成が採用されている。

【0061】この円筒ころ軸受の転がり条件に関しては、円すいころ軸受の場合と同様に、円筒ころ11および保持ボール13が公転をせずに自転のみをし、円筒ころ11の回転数をnc、保持ボール13の回転数nbとし、また内輪1および外輪2が回転数Ni、Noで互いに反対方向に回転するものとする、次の(18)～(21)式が成立する。

【0062】

※ 保持ボール13の関係から得られる式である。

【0063】上記各式を連立させてNi、No、nc、nbを消去すると、次の(22)式が得られる。

【0064】

$$[Dp^2 + Db^2 - 2Dp \cdot Db \cos(\theta/2)]^{1/2} - db \cos \alpha \cos \beta /$$

$$\begin{array}{l} 13 \\ [(Db - db \cos \beta) \cos \alpha] = dc / (Dp + dc) \end{array} \quad \begin{array}{l} 14 \\ \cdots (22) \end{array}$$

ただし、

$$\gamma = \cos^{-1} [Dp \sin(\theta/2)] / [Dp^2 + Db^2 - 2 Dp Db \cos(\theta/2)]^{1/2} \quad \cdots (23)$$

$$\beta' = \tan^{-1}(\tan \alpha / \sin \gamma) \quad \cdots (24)$$

であり、次の(25)式の関係を満たすことが必要である。 \* [0065]

$$\beta > \beta' \quad \cdots (25)$$

また、次の(26)式から寸法aが適正であるかを否かを確認することが必要である。 ※ [0066]

$$2a = [Dp^2 + Db^2 - 2 Dp Db \cos(\theta/2)]^{1/2} - db \cos \alpha \quad \cdots (26)$$

次に、上記各式を用いた計算手順について説明する。ここでは、円筒ころ軸受としてDp、dc、θが予め与えられているものとする。

【0067】まず、直径Db、保持ボール13の径dbを想定し、角度αを仮定して上記(22)式から角度βを求める。次いで、上記(23)、(24)式から角度β'を求め、β > β'でかつβが適正值であるか否かを確認する。そして、上記(26)式からaを求め、その値が適正值であるか否かを確認する。この値が適正でなければ、保持ボール13の径dbを変更して再度計算を行う。この径dbの変更によっても適正な値が得られないときには、直径Db、円筒ころの個数などを変更する。

【0068】次に、上記計算手順に従う数値計算の結果を以下に示す。ここでは、内径50mm、外径110mmの円筒ころ軸受を例に説明する。

【0069】Do=110mm  
Di=50mm  
Dp=80mm  
dc=15mm  
lc=15mm  
θ/2=0.063πラジアン(=360/32度)  
円筒ころ数=16  
db=4.452mm  
α=0.056πラジアン(=10度)  
β=0.167πラジアン(=30度)  
β'=0.144πラジアン(=26度)

このように、円すいころ軸受と同様に、上述の計算手法により上記転がり運動条件を満たす円筒ころ軸受を設計することができる。

【0070】また、保持ボールと円筒ころの接触状態により軸受予圧を調整することができるとともに、円筒ころの両端の間隔の遊びをなくすることができる。さらに、保持リングの形状および寸法を最適設計することにより、保持リングにはばね作用を持たせ、円筒ころと個々の保持ボールの接触時における相互差を吸収することができる。

【0071】(実施の第3形態)次に、本発明の実施の第3形態について図8および図9を参照しながら説明す

る。図8は本発明に係る転がり軸受の実施の第3形態の主要部構成を示す図、(a)は自動調心ころ軸受を部分的に破断して示す正面図、(b)は(a)のA-A線に沿って得られた断面図、図9は図8の自動調心ころ軸受を使用する風力発電機の主要部構成を示す図、(a)は風力発電機の外観を示す斜視図、(b)は風力発電機の本体の構成を示す縦断面図である。

【0072】本実施の形態では、自動調心ころ軸受について説明する。この自動調心ころ軸受100は、図8(a)、(b)に示すように、内輪101および固定輪となる外輪102を備える。外輪102は互いに対向する1対の外輪部分102a、102bを有し、各外輪部分102a、102b間には保持リング103が挟み込まれている。また、外輪部分102aの外側部には保持リング104が、外輪部分102bの外側部には保持リング105がそれぞれ取り付けられている。外輪部分102a、102bおよび各保持リング103、104、105は互いに止めねじ106を介して一体的に結合され、外輪102を構成する。止めねじ106は、保持リング104、外輪部分102a、保持リング103、外輪部分102bおよび保持リング105を貫通して伸びる軸部を有し、該軸部の保持リング104側の端部には、保持リング104に形成された穴に挿入された頭部が形成されている。また、この軸部の保持リング105側の端部にはおねじが形成され、このおねじは保持リング105に形成されためねじに螺合されている。

【0073】内輪101と外輪部分102a間には複数の球面ころ111が、内輪101と外輪部分102b間には複数の球面ころ112がそれぞれ收容されている。各球面ころ111、112は、内輪101の中心点Pc(またはPc')を中心とした半径R0の球面を有する対称ころからなる。各球面ころ111は、各球面ころ111を等配するための保持ボール113a、113bにより、外輪102の円周に沿って所定の角度ピッチで配列される。また、各球面ころ111の両端部には、対応する保持ボール113a、113bと1点で接触可能なR溝部111a、111bがそれぞれ形成され、このR溝部111a、111bは保持ボール113a、113

bの半径寸法より大きな寸法の円弧状の断面形状を有する。ここで、各保持ボール113a、113bの半径寸法は、後述する転がり条件を満足するように決定される。

【0074】同様に、各球面ころ112は、各球面ころ112を等配するための保持ボール114a、114bにより、外輪102の円周に沿って所定の角度ピッチで配列される。また、各球面ころ112の両端部には、対応する保持ボール114a、114bと1点で接触可能なR溝部112a、112bがそれぞれ形成され、このR溝部112a、112bは保持ボール114a、114bの半径寸法より大きな寸法の円弧状の断面形状を有する。ここで、各保持ボール114a、114bの半径寸法は、後述する転がり条件を満足するように決定される。

【0075】保持リング103の外輪部分102aに対向する面には、その円周方向に沿って伸び、単列に配列された複数の保持ボール113aを収容するための軌道溝103aが形成されているとともに、円周方向に沿って伸びる溝103bが形成されている。同様に、保持リング103の外輪部分102bに対向する面には、その円周方向に沿って伸び、単列に配列された複数の保持ボール114aを収容するための軌道溝103cが形成されているとともに、円周方向に沿って伸びる溝103dが形成されている。保持リング103の各溝103b、103dは、後述する内輪101の傾斜を許容するように、保持リング103の弾性変形を可能にするためのものである。

【0076】保持リング104の外輪部分102aに対向する面には、その円周方向に沿って伸び、単列に配列された複数の保持ボール113bを収容するための軌道溝104aが形成されているとともに、円周方向に沿って伸びる溝104bが形成されている。溝104bは保持リング104の外縁部と軌道溝104bとの中間位置に配置されている。また、保持リング104の外部に対向する面には、円周方向に沿って伸びる溝104cが形成され、溝104cは軌道溝104a近傍位置に対応する位置に配置されている。同様に、保持リング105の外輪部分102bに対向する面には、その円周方向に沿って伸び、単列に配列された複数の保持ボール114bを収容するための軌道溝105aが形成されているとともに、円周方向に沿って伸びる溝105bが形成されている。溝105bは保持リング105の外縁部と軌道溝105bとの中間位置に配置されている。また、保持リング105の外部に対向する面には、円周方向に沿って伸びる溝105cが形成され、溝105cは軌道溝105a近傍位置に対応する位置に配置されている。保持リング104、105の各溝104b、104c、105b、105cは、後述する内輪101の傾斜を許容するように、保持リング104、105の弾性変形を可能に

するためのものである。

【0077】各軌道溝103a、103b、104a、105aは、対応する保持ボール113a、113b、114a、114bと2点で接触可能なゴシックアーケ状の横断面形状を有する。すなわち各保持ボール113a、113b、114a、114bは、対応する保持リング103、104、105の軌道溝103a、103b、104a、105aと2点で接触し、隣り合う球面ころ111、112のR溝部111a、111b、112a、112bのそれぞれと1点で接触する。

【0078】各保持リング103、104、105毎に保持されている保持ボール113a、113b、114a、114bの数は球面ころ111、112の数に等しく、各保持ボール113a、113b、114a、114bは、保持器の等配機能と同様に、各球面ころ111、112を円周方向に等配する。また、上記接触点の全てにおいて球面ころ111、112および保持ボール113a、113b、114a、114bが転がり運動をするように、回転中の球面ころ111、112および保持ボール113a、113b、114a、114bの速度ベクトルがそれぞれ等しくなるような幾何学的構成が採用されている。

【0079】この自動調心ころ軸受100の転がり運動条件に関しては、円すいころ軸受の場合と同様に設定することができ、また同様の計算手法により上記転がり運動条件を満足する幾何学的構成を得るための自動調心ころ軸受の各諸元を決定することができる。よって、滑りが著しく小さい自動調心ころ軸受100を得ることができる。また、滑りが著しく小さいので、摩耗粉による転がり部におけるごみ圧痕の発生が極力少なく抑えられ、長寿命化を図ることができる。

【0080】また、自動調進ころ軸受100においては、内輪101がその中心点Pcを中心に角度 $\theta$ s分傾斜する動きを許容しており、この内輪101の角度 $\theta$ s分の傾斜に対する動きは、各保持リング103、104、105の弾性変形により吸収される。ここで、軸受の軸方向荷重は球面ころ111、112により受けることにより、各保持リング103、104、105の弾性変形は軸受の軸方向特性（負荷容量、剛性）には関与しないので、各保持リング103、104、105の軸方向剛性を小さくすることができ、最初から予圧を与えることが好ましい。

【0081】さらに、自動調心ころ軸受100の組立に関しては、一般の内輪、外輪一体の球面ころ軸受と異なり、自動調心ころ軸受100の外輪102が2つの外輪部分102a、102bに分割されているので、各外輪部分102a、102bを順に組み立てればよい。すなわち、内輪101の中心点Pcを中心に内輪101を約90度旋回させる必要がなく、組立性が損なわれることはない。

【0082】さらに、球面ころ111、112を等配するための保持ボール113a、113b、114a、114bが保持リング103、104、105と球面ころ111、112との間に配置されているので、この等配に保持器を用いた場合に比して球面ころ111、112を配置するためのスペースが広くなる。よって、球面ころ111、112の数を増すことができ、負荷容量および剛性を大きくすることができる。

【0083】なお、本実施の形態では、球面ころを用いた自動調心ころ軸受を示したが、球面ころと円すいころを組み合わせたハイブリッド型軸受に対しても同様に滑りを小さくすることができる。このハイブリッド型軸受に関しては、外輪部分間に挿入される保持リングを2分割してタイプが異なる2つの軸受を構成するようにすればよい。

【0084】次に、自動調心ころ軸受が使用されている風力発電機について図9を参照しながら説明する。

【0085】風力発電機200は、図9(a)に示すように、支柱201に支持された本体202を備え、本体202は、風力により回転するブレード203を支持するとともに、このブレード203の回転エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機構を搭載する。

【0086】本体202は、図9(b)に示すように、ハウジング204を有し、ハウジング204は、互いに一体的に結合されている4つのハウジング部分205、206、207、208から構成される。ハウジング204内には発電機構が搭載され、この発電機構は、メイン発電機220と磁石同期発電機(PMG)230とからなる。メイン発電機220は、ハウジング部分205、206内を挿通する回転軸209と、回転軸209に固着され、コイルが巻回された回転子212と、回転子212の周囲に配置され、コイルが巻回された固定子213とを有し、固定子213はハウジング部分205に取り付けられている。回転軸209の一端には、ブレード203を取り付けるための取付部209aが設けられている。この取付部209aにはブレード203が嵌合され、その先端にはおねじ部209bが形成されている。このおねじ部209bには固定ナット210が螺合され、これによりブレード203が回転軸209の取付部209aに固定される。回転軸209の他端にはカップリング211が取り付けられている。

【0087】回転軸209は、複数の自動調心ころ軸受214、215により支持されている。各自動調心ころ軸受214、215は、上述した自動調心ころ軸受100と同じ構成を有する。各自動調心ころ軸受214、215内の一対の自動調心ころ軸受214においては、その内輪(図示せず)が、回転軸209のおねじ部209cに螺合されている内輪止め216により回転軸209に固定され、その外輪(図示せず)が、ハウジング部分205に嵌め込まれている外輪止め217によりハウジ

ング部分205に固定される。同様に、一対の自動調心ころ軸受215においては、その内輪(図示せず)が、回転軸209のおねじ部209dに螺合されている内輪止め218により回転軸209に固定され、その外輪(図示せず)が、ハウジング部分206に嵌め込まれている外輪止め219によりハウジング部分206に固定される。

【0088】磁石同期発電機230は、ハウジング部分206、207内を挿通する回転軸221と、回転軸221に固着された磁石回転子222と、磁石回転子222の周囲に配置され、ハウジング部分207内に取り付けられた磁石固定子223とを有する。回転軸221の一端には、カップリング211に結合されるカップリング224が取り付けられている。回転軸221は、複数の自動調心ころ軸受225、226により支持されている。各自動調心ころ軸受225、226は、上述した自動調心ころ軸受100と同じ構成を有する。自動調心ころ軸受225においては、その内輪(図示せず)が回転軸221に固定され、その外輪(図示せず)がハウジング部分207に取り付けられている外輪止め217に嵌め込まれて固定される。

【0089】同様に、自動調心ころ軸受226においては、その内輪(図示せず)が、回転軸221の他端に嵌め込まれるとともに、回転軸221の他端に形成されたおねじ221aに螺合される固定ナット227により回転軸221に固定される。自動調心ころ軸受226の外輪(図示せず)はハウジング部分207に嵌め込まれるとともに、ハウジング部分208に一体に形成された外輪止め部分208aによりハウジング部分207に固定される。ハウジング部分208の外部への開口は、蓋228により覆われている。

【0090】このように、上述した自動調心ころ軸受100と同じ構成を有する自動調心ころ軸受を用いることによって、寿命が長く、メンテナンス頻度を極力少なく抑えることができる風力発電機200が提供される。また、軸受に対して負荷容量および剛性を大きくことができ、苛酷な環境に対して十分に耐得る風力発電機200が提供されることになる。

【0091】なお、本実施の形態では、自動調心ころ軸受100と同じ構成を有する自動調心ころ軸受を用いた風力発電機を示したが、例えばパラボラアンテナなどの旋回軸受など、高負荷容量、高剛性が要求される軸受を使用する装置に適用することが可能であり、この装置に対しても同様の効果を得ることができる。

【0092】(実施の第4形態)次に、本発明の実施の第4形態について図10を参照しながら説明する。図10は本発明に係る転がり軸受の実施の第4形態の主要部構成を示す図、(a)は円筒ころ軸受を部分的に破断して示す正面図、(b)は(a)のA-A線に沿って得られた断面図、(c)は円筒ころと保持ボールの接触位置

を示す図、(d)は保持ボールと保持リングの接触位置を示す図である。

【0093】本実施の形態は、上述の実施の第2形態に対し、保持リング21を外輪2に取り付ける点で異なる。具体的には、図10(a)、(b)に示すように、内輪1、外輪2、内輪1と外輪2との間に保持されている複数の円筒ころ11、内輪1の両側部にそれぞれ取り付けられている2つの保持リング21および保持ボール13を備える。

【0094】各保持リング21には、その円周方向に沿って伸びかつ単列に配列された複数の保持ボール13を収容する軌道溝21aが形成されている。軌道溝21aは、保持ボール13と2点(図10(d)に示すP31、P32)で接触可能な横断面形状を有する。すなわち、各保持ボール13は、保持リング21の軌道溝21aと2点(P31、P32)で接触し、隣り合う円筒ころ11のR溝部11aのそれぞれと1点(P3)で接触する。

【0095】この円筒ころ軸受の転がり条件に関しては、上述の実施の第2形態と同じであり、その説明は省略する。

【0096】このように、保持リング21を内輪1に取り付けることによって、保持リング21と外輪2との間に隙間を形成することが可能になり、給油治具22などを用いて上記隙間から軸受内に潤滑油を供給することができる。

【0097】なお、本実施の形態では、円筒ころ軸受において内輪に保持リングを取り付けた例を示したが、円筒ころ軸受に限らず、円すいころ軸受、自動調心ころ軸受の場合にも同様に、内輪に保持リングを取り付ける構造を採用することができる。ただし、玉軸受において内輪に保持リングを取り付けた場合には、転がり条件を算出するための計算式から求めた転動体の玉と保持ボールの接触点の位置(図10(c)に示すaに相当)が転動体の直径より大きくなるので、この構造の玉軸受を実用化することはできない。

【0098】(実施の第5形態)次に、本発明の実施の第5形態について図11を参照しながら説明する。図11は本発明に係る転がり軸受の実施の第5形態の主要部構成を示す図、(a)は玉軸受を部分的に破断して示す正面図、(b)は(a)のA-A線に沿って得られた断面図である。

【0099】本実施の形態では、玉軸受について説明する。この玉軸受は、図11(a)、(b)に示すように、内輪31、固定輪となる外輪32、内輪31と外輪32との間に保持されている転動体を構成する複数のボール33、外輪32の片側部に取り付けられている保持リング34および保持ボール35を備える。

【0100】保持リング34には、その円周方向に沿って伸びかつ単列に配列された複数の保持ボール35を収容する軌道溝34aが形成されている。軌道溝34a

は、保持ボール35と1点で接触可能な単一R状の横断面形状を有する。また、図11(c)に示すように、各保持ボール35は、保持リング34の軌道溝34aと1点(P31)で接触するとともに、隣り合うボール33のそれぞれと1点で接触する。

【0101】ここで、本実施の形態では、上述した計算手法により、接触点の全てにおいてボール33および保持ボール35が転がり運動をするように、回転中のボール33および保持ボール35の速度ベクトルがそれぞれ等しくなるような幾何学的構成が採用されている。

【0102】また、保持ボール35とボール33の接触時における予圧は、ボール33の接触角 $\alpha_0$ を規定する。すなわち、保持ボール35とボール33の接触時における予圧を調整することによりボール33の接触角 $\alpha_0$ を所定角度に設定することが可能である。

【0103】また、保持リング35を外輪2の他方の端部に取り付け、保持ボール35を他方の端部側に配置することにより、接触角 $\alpha_0$ を逆にすることができる。

【0104】なお、上述したように、玉軸受においては、内輪に保持リングを取り付ける構造は成立しない。

【0105】(実施の第6形態)次に、本発明の実施の第6形態について図12を参照しながら説明する。図12は本発明に係る転がり軸受の実施の第6形態の主要部構成を示す図であり、図(a)はスラスト円すいころ軸受の断面図、(b)は円すいころと保持ボールの配列状態を示す図である。

【0106】本実施の形態は、スラスト円すいころ軸受からなり、その軌道輪41、42の一方(軌道輪41)には、2つの保持リング44、45が取り付けられている。保持リング44と円すいころ43の大径側端部との間には、円すいころ43の数に等しい数の単列の保持ボール46が配置され、保持リング45と円すいころ43との間には、円すいころ43の数に等しい数の単列の保持ボール47が配置されている。各保持ボール46、47は、円すいころ43に対する等配機能を有する。また、保持ボール46は、保持リング44と2点で、隣り合う円すいころ43と1点でそれぞれ接触する。保持ボール47は、保持リング45と1点で、隣り合う円すいころ43と1点でそれぞれ接触する。そして、上記接触点の全てにおける円すいころ43および保持ボール46、47の運動が転がり運動となるように、円すいころ43および保持ボール46、47の速度ベクトルがそれぞれ等しくなるような幾何学的構成が採用されている。

【0107】なお、本実施の形態では、軌道輪41に保持リング44、45を取り付けているが、各保持リング44、45を軌道輪42に取り付けてもよい。また、保持リング44、45を取り付けた一方の軌道輪が回転する構成でもよく、保持リング44、45を取り付けていない他方の軌道輪が回転する構成でもよく、さらに保持リング44、45を取り付けた軌道輪の一方および他方

が相対的に回転するようにしてもよい。

【0108】また、スラスト円筒ころ軸受、スラスト自動調心ころ軸受についても同様に構成することができる。

【0109】（実施の第7形態）次に、本発明の実施の第7形態について図13を参照しながら説明する。図13は本発明に係る転がり軸受の実施の第7形態の主要部構成を示す図であり、図（a）はスラスト玉軸受の断面図、（b）はボールと保持ボールの配列状態を示す図である。

【0110】本実施の形態は、スラスト玉軸受からなり、その軌道輪51、52の一方（軌道輪51）には、保持リング54が取り付けられている。保持リング54とボール53との間には、ボール53の数に等しい数の単列の保持ボール55が配置されている。各保持ボール55は、ボール53に対する等配機能を有する。また、保持ボール55は、保持リング54と1点で、隣り合うボール53と1点でそれぞれ接触する。そして、上記接触点の全てにおけるボール53および保持ボール55の運動が転がり運動となるように、ボール53および保持

10

ボール55の速度ベクトルがそれぞれ等しくなるような幾何学的構成が採用されている。

【0111】（実施の第8形態）次に、本発明の実施の第8形態について図14を参照しながら説明する。図14は本発明に係る転がり軸受の実施の第8形態の構成を示す断面図である。

【0112】本実施の形態は、上述の実施の第1形態に対し、内輪1に円すいころ3に対するつば61a、61bを設けた点で異なる。本実施の形態では、円すいころ3に設けた端面13aと内輪1のつば61aを当接させ、円すいころ3に作用する軸方向荷重を受けさせ、保持ボール6が円すいころ3のR溝部3aと接触して円すいころ3の間隔を保持し、さらにはスキューが発生した場合、そのスキューを制御する役割を有する。

20

【0113】（実施の第9形態）次に、本発明の実施の第9形態について図15を参照しながら説明する。図15は本発明に係る転がり軸受の実施の第9形態の構成を示す断面図である。

【0114】本実施の形態は、上述の実施の第2形態に対し、内輪1につば71aを設けた点で異なる。本実施の形態では、円筒ころ11に設けた端面13aと内輪1のつば71aを当接させ、円筒ころ11の軸方向の荷重を受けさせ、保持ボール6が円筒ころ11のR溝部3aと接触して円筒ころ11の間隔を保持し、さらにはスキューが発生した場合、そのスキューを制御する役割を有する。

30

【0115】（実施の第10形態）次に、本発明の実施の第10形態について図16を参照しながら説明する。図16は本発明に係る転がり軸受の実施の第10形態の構成を示す断面図である。

【0116】本実施の形態は、上述の実施の第9形態に対し、保持リング12に軸方向に作用するばね機能を設定するとともに、内輪1に代えて外輪2につば2aを設けた点で異なる。具体的には、保持リング12の円筒ころ11との対向部位12bの肉厚tを他の部位より薄くし、この部位12bが軸方向に作用するばね機能の役割をはたすように構成している。また、外輪2には円筒ころ11に対するつば2aが設けられている。これにより、円筒ころ11に作用する軸方向荷重がつば2aにて受けられる。

【0117】（実施の第11形態）次に、本発明の実施の第11形態について図17を参照しながら説明する。図17は本発明に係る転がり軸受の実施の第11形態の主要部構成を示す図であり、（a）は円筒ころ軸受の一部を示す正面図、（b）は図（a）のA-A線に沿って得られた断面図である。

【0118】本実施の形態は、上述の実施の第2形態に対し、保持リング12にその円周方向に沿って等間隔に配列された複数の潤滑剤供給用窓81を設けた点で異なる。このように、保持リング12に潤滑剤供給用窓81を設けることによって、保持リングの軸方向の剛性が小さくなり、保持ボール13を含む転がり部に対する予圧を与え易くなる。

【0119】（実施の第12形態）次に、本発明の実施の第12形態について図18を参照しながら説明する。図18は図1の円すいころ軸受の組立方法を示す図である。

【0120】本実施の形態では、図1に示す円すいころ軸受の組立方法について説明する。まず、図18（a）に示すように、組立台90上に円すいころ3の小径側における保持リング5およびそれにセットされた保持ボール7からなるモジュール91を置き、そして、図18（b）に示すように、内輪1、外輪2およびそれらに組み込まれた円すいころ3からなるモジュール92をモジュール91に対して組み合わせる。

【0121】次いで、図18（c）に示すように、他の組立台90上に円すいころ3の大径側における保持リング4およびそれにセットされた保持ボール6からなるモジュール93を置き、このモジュール93に対して組立治具94をセットする。具体的には、組立治具94は、外側部材95と内側部材96とを有し、外側部材95の端部には、外方にかぎ状に折り曲げられているフック部95aが形成されている。内側部材96は外側部材95内方に配置され、その端部には外方にかぎ状に折り曲げられているフック部96aが形成されている。外側部材95は、そのフック部95aが保持リング4の組立台90側端面に押し当てられるようにセットされる。内側部材96は、保持リング4を挿通しそのフック部96aが保持ボール6を保持リング6に押し付けるようにセットされる。このようにして組立治具94により保持リング

50

4から保持ボール6が離脱しないようにモジュール93を保持し、この組立治具93を用いてモジュール93をモジュール92の上方に移動する。

【0122】次いで、図18(d)に示すように、モジュール93をモジュール92に対して位置決めする。そして、内側部材96をそのフック部96aと保持ボール6との係合を解除するように内方に向けて移動し、この内側部材96を外側部材95とともに保持リング4の外側に引き抜く。これにより、保持リング4およびそれにセットされた保持ボール6は外輪2および円すいころ3に対して位置決めされる。この位置決め後、保持リング4は外輪2にボルト、接着剤、かしめなどにより締結される。

【0123】なお、本実施の形態では、図1に示す円すいころ軸受に対して小径側から組み立てる手順を説明し\*

	円すいころ軸受	円筒ころ軸受	玉軸受	自動円心ころ軸受
外輪保持リング	○	○	○	○
内輪保持リング	○	○	×	○
片側のみ保持リング	○	×	○	×
スラスト軸受	○	○	○	○
内輪つば付き	○	○	×	○
外輪つば付き	○	○	×	○
保持リングと外輪の接触	○	○	○	○
潤滑油給油ノズル	○	○	○	○
組立て性良好	○	○	○	○

なお、表1中の○は実施可能であることを表し、×は実施不可能であることを表す。また、内輪つば付きの場合は、外輪に保持リングを固定した場合、内輪に保持リングを固定した場合のいずれにおいても実施可能であるが、外輪つば付きの場合は、転がり条件に基づき計算した転動体と保持ボールの接触位置が転動体径より大きくなるので、実施不可能である。

【0126】また、上述の各実施の形態に係る転がり軸受は、軸受に高負荷、高剛性および長寿命化が要求される風力発電機などの装置に適用することができ、これにより、寿命が長く、メンテナンスの発生頻度が極力少なく抑えることが可能で、苛酷な環境に対して十分に耐得る装置が提供される。

【0127】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の転がり軸受によれば、転がり軸受では、保持ボールのそれぞれにより転動体のそれぞれが円周方向に等配されかつ1つの保持ボールが保持リングおよび隣り合う転動体と3つ以上の接触点で接し、接触点の全てにおける転動体および保持ボールの運動が転がり運動となるように、回転中の転動体および保持ボールの速度ベクトルがそれぞれ等しくなるような幾何学的構成を有することにより、転動体と保持ボール間、保持ボールと保持リング間の滑りをほぼなくすることができるとともに、この幾何学的構成によ

\*たが、大径側から組み立てることも可能である。また、上述の各実施の形態で示したような円筒転がり軸受、玉軸受、スラスト軸受など他の転がり軸受に対しても上述の組立方法を適用することは可能である。さらに、保持リングが外輪側に固定される場合、内輪側に固定されている場合のいずれにおいても同様の手順で組み立てることができる。

【0124】このように、上述の各実施の形態において、転がり運動をするための条件を満足する転がり軸受の例を示したが、本発明の原理を適用することによって得られる、著しく滑りが小さい転がり軸受の一欄を表1に示す。

【0125】

【表1】

り組立性が損なわれることはない。

【0128】また、転動体を等配するための保持ボールが保持リングと転動体との間に配置されているので、転動体の等配に保持器を用いた場合に比して転動体を配置するためのスペースが広がる。よって、転動体の数を増すことができ、負荷容量および剛性を大きくすることができる。

【0129】さらに、本発明の転がり軸受を、風力発電機などの装置における高負荷、高剛性および長寿命化が要求される軸受に適用した場合には、寿命が長く、メンテナンスの発生頻度が極力少なく抑えることが可能で、苛酷な環境に対して十分に耐得る装置が提供されることになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る転がり軸受の実施の第1形態における主要部構成を示す図である。

【図2】図1の円すいころ軸受における転がり運動条件を表すための模式図である。

【図3】図1の円すいころ軸受における転がり運動条件を表すための模式図である。

【図4】図1の円すいころ軸受における転がり運動条件を表すための模式図である。

【図5】図1の円すいころ軸受における転がり運動条件を表すための模式図である。

【図6】図1の円すいころ軸受における転がり運動条件を表すための模式図である。

【図7】本発明に係る転がり軸受の実施の第2形態における主要部構成を示す図である。

【図8】本発明に係る転がり軸受の実施の第3形態の主要部構成を示す図である。

【図9】図8の自動調心ころ軸受を使用する風力発電機の主要部構成を示す図である。

【図10】本発明に係る転がり軸受の実施の第4形態の主要部構成を示す図である。

【図11】本発明に係る転がり軸受の実施の第5形態の主要部構成を示す図である。

【図12】本発明に係る転がり軸受の実施の第6形態の主要部構成を示す図である。

【図13】本発明に係る転がり軸受の実施の第7形態の主要部構成を示す図である。

【図14】本発明に係る転がり軸受の実施の第8形態の構成を示す断面図である。

【図15】本発明に係る転がり軸受の実施の第9形態の構成を示す断面図である。

【図16】本発明に係る転がり軸受の実施の第10形態の構成を示す断面図である。

【図17】本発明に係る転がり軸受の実施の第11形態の主要部構成を示す図である。

【図18】図1の円すいころ軸受の組立方法を示す図で\*

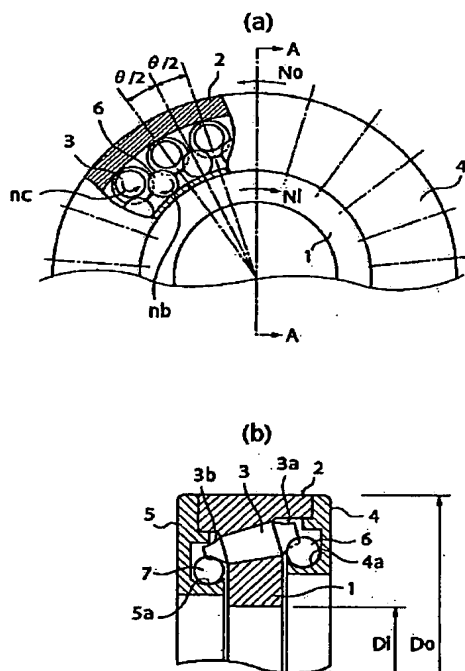
\*ある。

【図19】アンギュラ玉軸受と3点接触玉軸受のそれぞれにおける接触状態を示す図である。

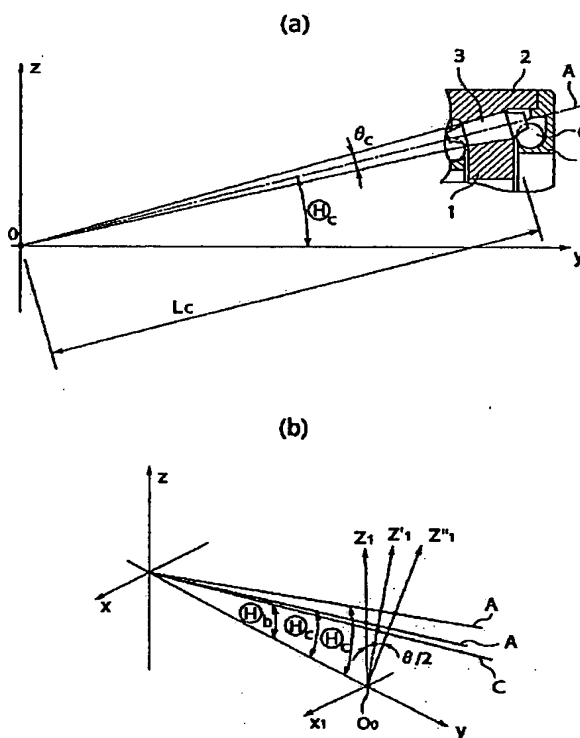
【符号の説明】

- 1, 31, 61, 71, 101 内輪
- 2, 32, 102 外輪
- 2a, 61a, 61b, 71a つば
- 3, 43 円すいころ
- 3a, 3b, 11a, 111a, 111b, 112a, 112b R溝部
- 4, 5, 12, 21, 34, 44, 54, 103, 104, 105 保持リング
- 4a, 5a, 12a, 21a, 103a, 103c, 104a, 105a 軌道溝
- 6, 7, 13, 33, 35, 46, 47, 55, 113a, 113b, 114a, 114b 保持ボール
- 11 円筒ころ
- 33, 43 ボール
- 41, 42, 51, 52 軌道輪
- 100, 214, 215, 225, 226 自動調心ころ軸受
- 111, 112 球面ころ
- 200 風力発電機
- 209 回転軸

【図1】

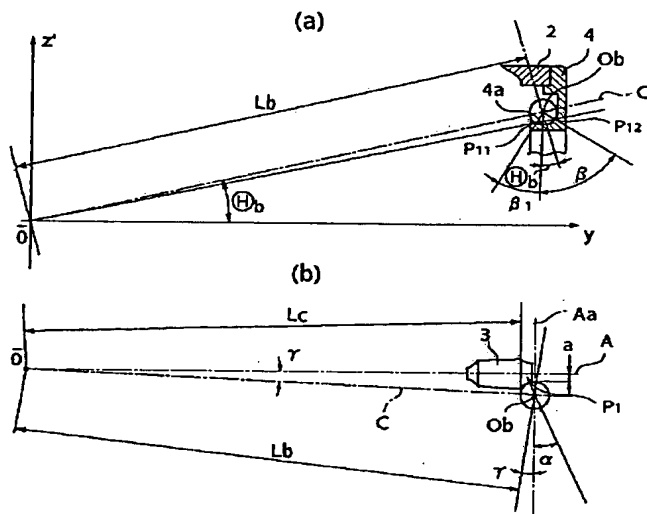


【図2】

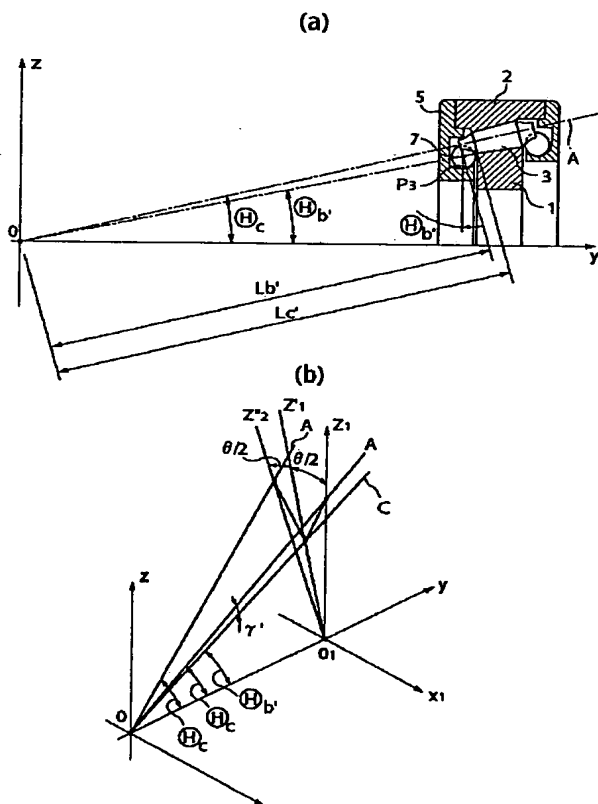




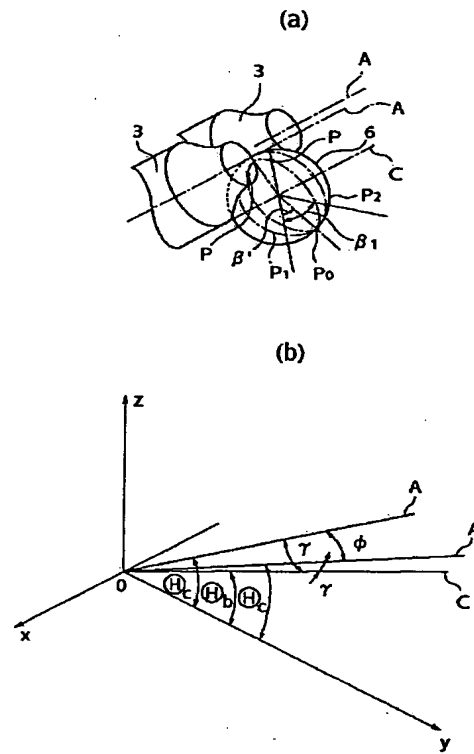
【図3】



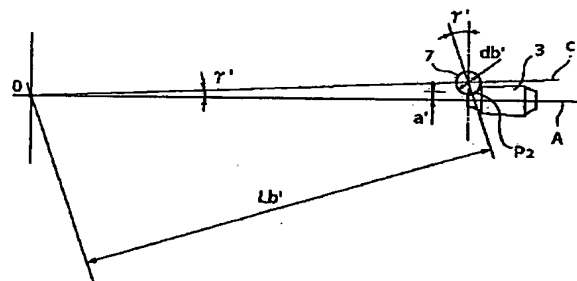
【図5】



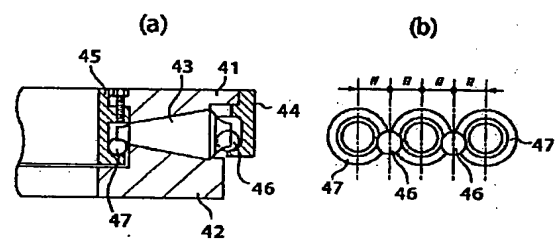
【図4】



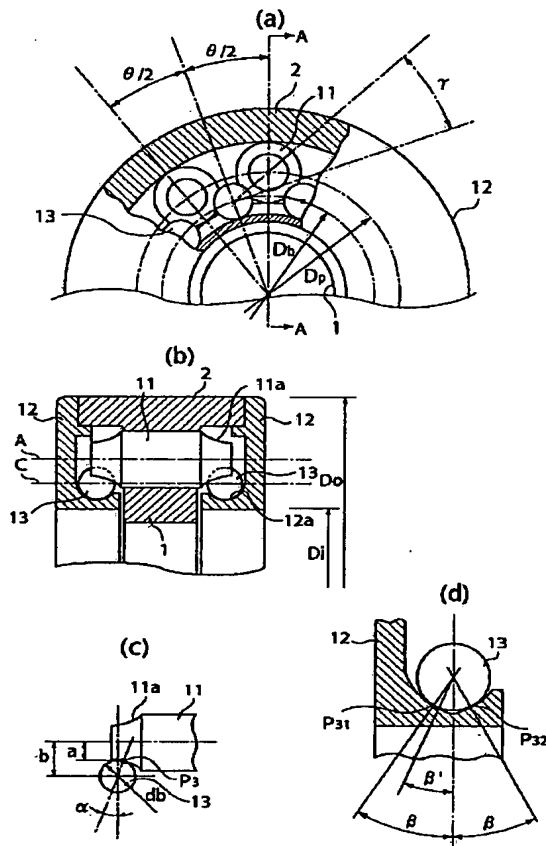
【図6】



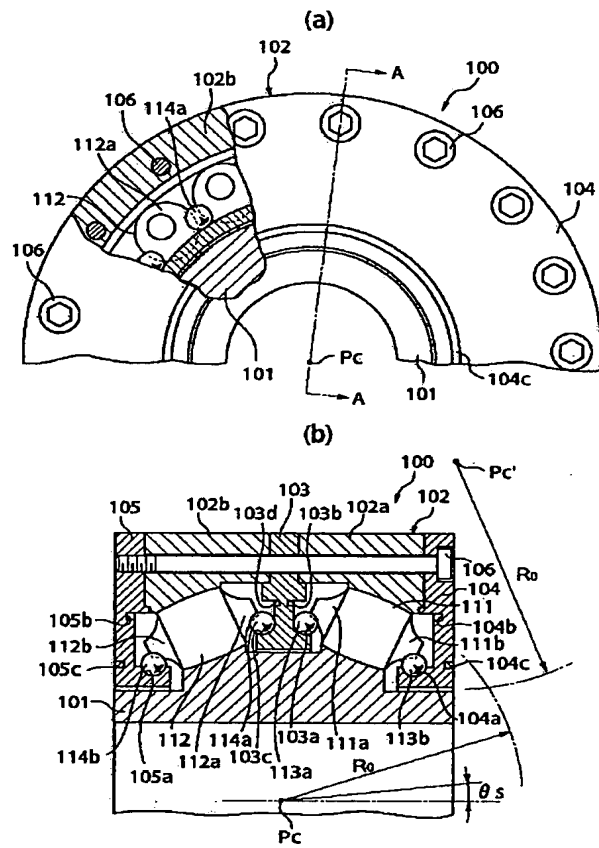
【図12】



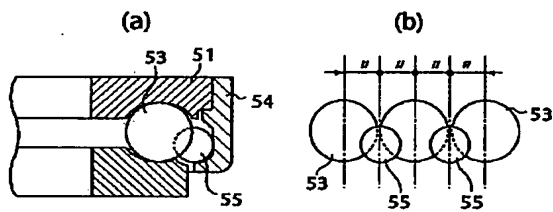
【図7】



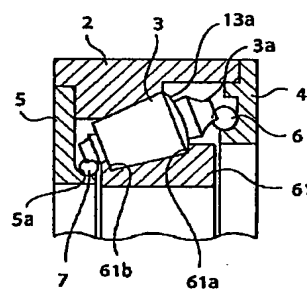
【図8】



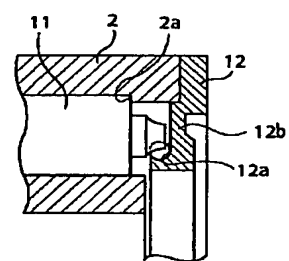
【図13】



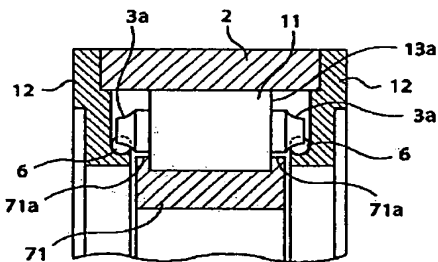
【図14】



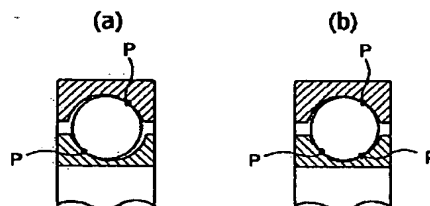
【図16】



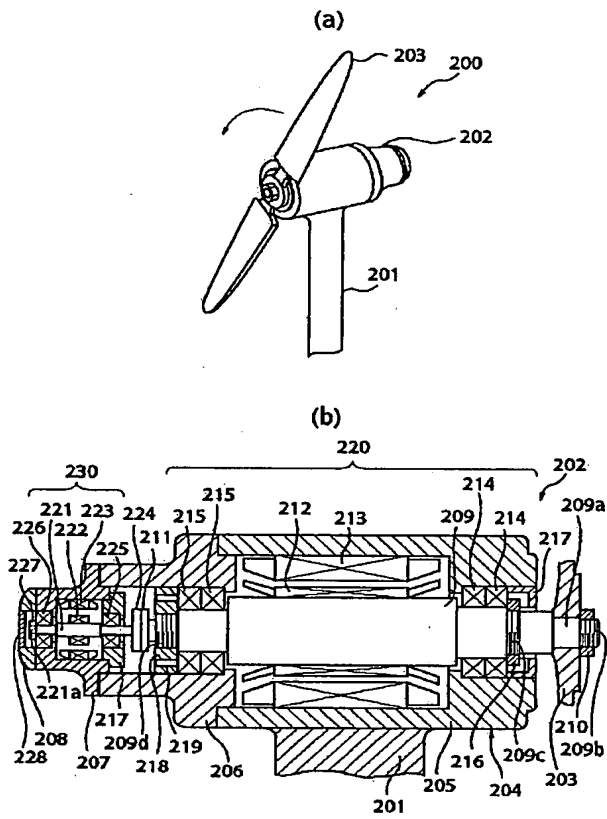
【図15】



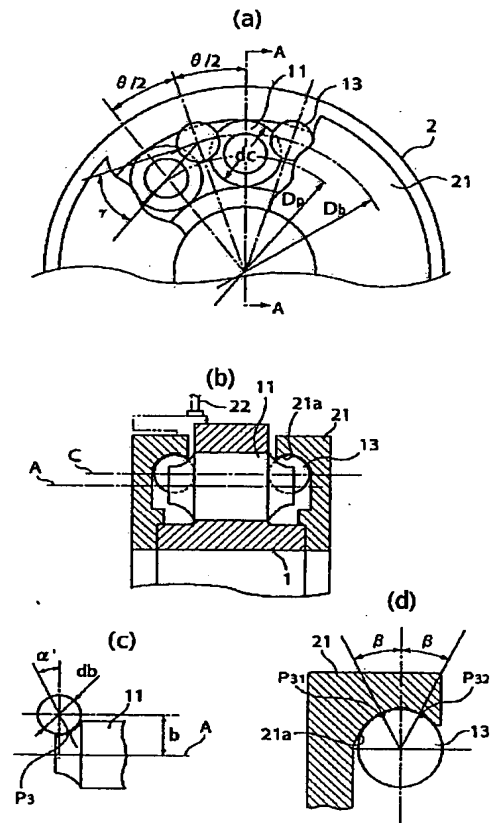
【図19】



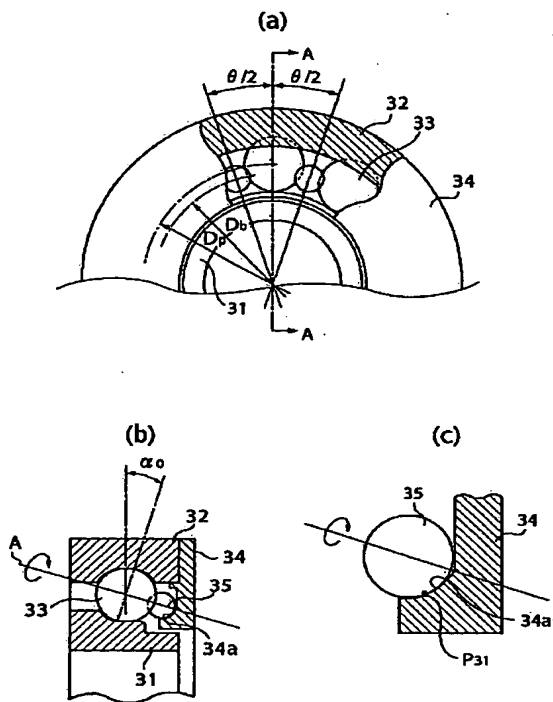
【図9】



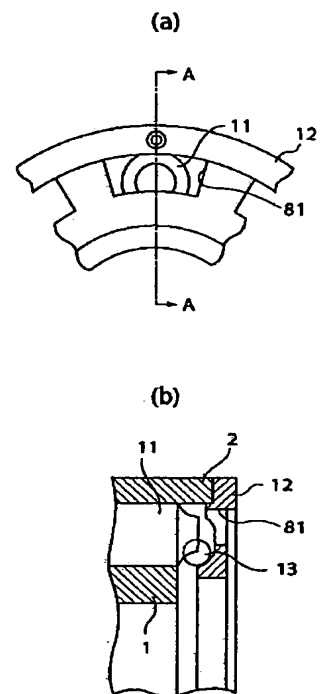
【図10】



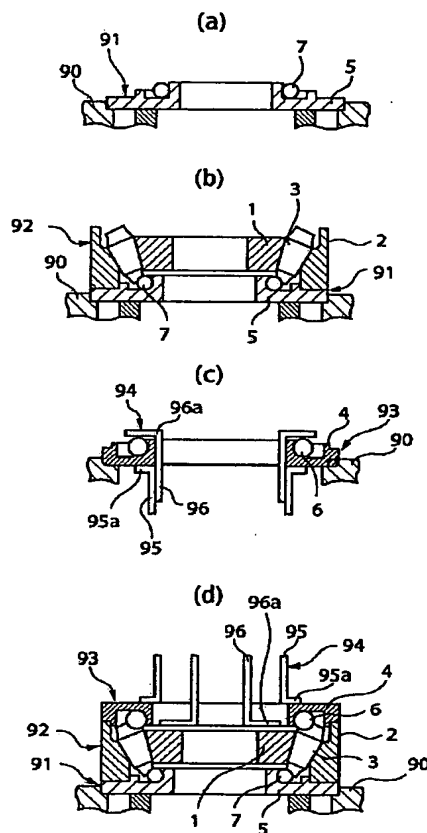
【図 11】



【図 17】



【図18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
F 1 6 C 33/58

識別記号

F I  
F 1 6 C 33/58

ターマード (参考)

F ターム(参考) 3J012 AB20 BB01 BB02 BB03 EB02  
FB07 FB10 FB11  
3J101 AA02 AA13 AA15 AA16 AA24  
AA25 AA27 AA33 AA42 AA43  
AA52 AA53 AA54 AA62 BA05  
BA12 BA54 BA57 BA64 CA08  
FA02 FA31 FA48 FA60 GA24